1-4 التمدد الحراري للجوا مد Expansion of solids

إذا سخنت مادة سواء كانت جامدا، أم سائلا، أم غازا، فإنه بوجه عام سوف تتمدد. وهناك ثلاثة أنواع من التمدد وهي التمدد الطولي، والتمدد السطحي، والتمدد الحجمي وسوف تدرس هنا التمدد الطولي بشكل مختصر

التمدد الطولي للجوامد :–

وجد بالتجربة انه أذا سخن سلك معدني طوله الأصلي L_1 من درجة حرارة T_1 إلي درجة حرارة T_2 فإنه سوف يتمدد وتكون الاستطالة الناتجة للسلك تتناسب تناسبا طرديا مع ارتفاع درجة حرارته (T_2-T_1) وكذلك طرديا مع الطول الأصلي للسلك أي أن:

$$\Delta L \propto T_2 - T_1$$

$$\Delta L \propto L_1$$

$$\Delta L = \alpha L_1 (T_2 - T_1) \qquad (1)$$

$$, \Delta L = L_2 - L_1 \qquad (2)$$

$$\therefore L_2 - L_1 = \alpha L_1 (T_2 - T_1)$$

$$L_2 = L_1 + \alpha L1 (T_2 - T_1)$$

$$\boxed{L_2 = L_1 [1 + \alpha (T_2 - T_1)]} \qquad (4\text{-}27)$$

حيث ΔL تمثل الاستطالة في السلك أي طوله الجديد بعد التمدد مطروحا منه طوله الأصلي قبل التمدد و α هو معامل التمدد الطولي للسلك ووحدة قياسه $^0C^{-1}$.

حالة خاصة : باعتبار أن طول السلك عند درجة حرارة $0\ ^0C$ هو L_0 وطوله عند درجة حرارة T هو L_T فإن:

$$\boxed{L_T = L_0 [1 + \alpha T]} \qquad (4\text{-}28)$$

الجدول (4−1) يوضح المعاملات الطولية للتمدد الحراري لبعض المواد:

جدول (4−1) المعاملات الطولية للتمدد الحراري

المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$	المادة	$\alpha C^{0-1} x10^{-6}$
الألمنيوم	25	قرميد وخرسانة	10
شبة	18	حديد	12
نحاس أصفر	19	بلاتين	9
زجاج (لين)	9	فضة	18
زجاج (بيركس)	3	كوارتز	0.4
ماس	1.2	خشب الصنوبر (على طول عروق الخشب)	5
ذهب	14	خشب الصنوبر (على اتجاه عمودي على عروق الخشب)	30

مثال (4-6)

عمود زجاج بيركس مجلخ ومصقول طوله 10cm عندما كانت درجة حرارة الغرفة $20\ ^0C$. إذا رفعت درجة حرارة هذا العمود إلى $420\ ^0C$، احسب

a. قدر الاستطالة.

b. الطول الجديد للسلك بعد رفع درجة حرارته من $20\ ^0C$ إلى $420\ ^0C$.

الحل:

أ‌-

$$\Delta L = \alpha L_1 [T_2 - T_1]$$
$$\Delta L = 3\times10^{-6}\times(420-20)$$
$$= 3\times10^{-6}\times10\times400$$
$$\Delta L = 0.012cm$$

ب-

$$L_2 = L_1[1+\alpha(T_2 - T_1)]$$
$$L_2 = 10[1+3\times10^{-6}(420-20)]$$
$$L_2 = 10.012cm$$

مسائل على الفصل الرابع

قياس درجة الحرارة:

1- إذا كانت قراءة ترمومتر مئوي $35\ ^0C$، فما هي قراءة ترمومتر فهرنهيتي في نفس الغرفة ؟

2- ما هي درجات الحرارة علي المقياس المئوي التي تكافئ الدرجات التالية:

$-40\ ^0F,\ 85\ ^0F,\ 95\ ^0F,\ 77\ ^0F,\ 50\ ^0F$

3- ما هي درجة الحرارة علي التدريج الفهرنهيتي في يوم تكون فيه درجة الحرارة $-10\ ^0C$ ؟

4- احسب درجة حرارة غرفة إذا كانت قيمتها مقاسة بترمومتر مئوي تساوي ثلث قيمتها مقاسة بترمومتر فهرنهيتي.

5- احسب درجة الحرارة التي تتساوى عندها قراءة الترمومتر المئوي والترمومتر الفهرنهيتي.

6- عند قياس درجة حرارة ماء ساخن باستخدام الترمومتر الغازي ذو الحجم الثابت وجد أن ضغط الغاز عند $0\ ^0C$ يساوي 80cm وضغطه عند $100\ ^0C$ يساوي 109.3cm، فإذا كانت درجة

حرارة الماء الساخن تساوي $68.3\ ^0C$، فما هو ضغط الغاز عند درجة الحرارة هذه ؟ (الجواب h_T=100cm)

7- باستعمال الترمومتر الغازي ذو الحجم الثابت لقياس درجة الحرارة كان الضغط عند $0\ ^0C$ يساوي 80cm، وكان ضغطه عند $20\ ^0C$ يساوي 85.8cm، احسب ضغطه عند درجة حرارة غليان الماء ؟ (الجواب h_{100}=109cm)

الحرارة كطاقة:

8- ما هي كمية الحرارة المنطلقة عندما يبرد 20gm من الماء من درجة حرارة $90\ ^0C$ إلى $30\ ^0C$ ؟ علما بأن الحرارة النوعية للماء هي $1cal/g.^0C$ ؟ (الجواب Q= -1200cal)

9- يحتوي إبريق ترموس علي 300gm من القهوة (ماء أساسا) عند درجة $90\ ^0C$. صب في هذا الإبريق 50gm من اللبن (ماء أساسا أيضا) عند درجة حرارة $15\ ^0C$. ما هي درجة الحرارة النهائية للقهوة ؟ (الجواب T= 79.3 C)

10- وعاء معزول من الألمنيوم ((وزنه)) 20gm يحتوي علي 150gm من الماء عند درجة $20\ ^0C$. سخنت قطعة من المعدن كتلتها 30gm الي درجة $100\ ^0C$ ثم أسقطت في الماء. فإذا كانت درجة الحرارة النهائية للماء والعلبة والمعدن هي $25\ ^0C$, جد السعة الحرارية النوعية للمعدن علما بأن الحرارة النوعية للألمنيوم هي S=0.21 cal/g ^0C وللماء S_{water}=1 cal/g ^0C ؟ (الجواب S_{metal}=1 cal/g ^0C)

11- احسب كمية الحرارة اللازمة لتغير درجة حرارة 10gm من الرصاص (S=0.031 cal/g ^0C) من $20\ ^0C$ الي $100\ ^0C$ ؟

12- ما هي كمية الحرارة اللازمة لتحويل 30 gm من الثلج عند $-5\ ^0C$ الي ماء درجة حرارته $20\ ^0C$ ؟ علما بأن S_{water}=1cal/g ^0C , S_{ice}= 0.5cal/ g ^0C ، L=80cal/ .

13- اسقط مكعب من الثلج درجة حرارته 0^0c وكتلته 18gm في كوب يحتوي علي 150gm من الماء درجة حرارتها 25^0c . ما هي درجة الحرارة النهائية للماء بعد انصهار الثلج بفرض أن التبادل الحراري مع الكوب مهمل ؟ L=80cal/gm

14- مسعر من النحاس ($S=0.2cal/g^0C$) كتلته 70g يحتوي علي 400g من الماء و 100g من الثلج في حالة توازن حراري . أضيف إلى محتويات المسعر قطعة ساخنة من المعدن ($S=0.1cal/g^0C$) كتلتها 300g ودرجة حرارتها مجهولة, وكانت درجة الحرارة النهائية 10^0C . ما هي درجة الحرارة الابتدائية للمعدن . مع العلم أن الحرارة الكامنة للثلج هي L=80cal/g وأن $S_{water}=1cal/g\ ^0C$.

انتقال الحرارة بالتوصيل

15- قضيب من النحاس الأصفر مساحة مقطعه $A=2cm^2$ وطوله x=1m . وضع أحد طرفي هذا القضيب في ماء يغلي ($T_1=100^0C$) ووضع الطرف الأخر علي لوح من الثلج $T_2=0^0C$. احسب كمية الحرارة المنتقلة من الطرف الساخن للقضيب إلى الطرف البارد في زمن قدره 10min . مع العلم أن معامل التوصيل الحراري للنحاس هو k=0.2cal/cm sec ^0C (الجواب Q=240 cal).

16- وضع أحد طرفي قضيب من النحاس الأصفر طوله 0.5m ونصف قطره 0.5cm في درجة حرارة 100^0C ووضع الطرف الأخر في درجة 20^0C. ما هي كمية الحرارة التي تسري في القضيب في زمن قدره 1sec ؟ علما بأن k= 0.2 cal/cm sec. ^0C . (افترض أن جوانب القضيب معزولة)

17- استخدم لوح من ورق الاسبستوس سمكه 2mm كفاصل بين لوحين من النحاس الأصفر درجة حرارة أحدهما 100^0 C ودرجة حرارة الأخر 20^0 C . ما هي كمية الحرارة المارة خلال

مساحة مقدرها $40cm^2$ من أحد اللوحين إلي الأخر خلال ساعة واحدة ($t=1h$) ؟ علما بأن معامل التوصيل الحراري للاسبستوس هو $k=5\times10^{-4}$ cal/cm sec ^0C .

18- وضعت شريحة من المطاط سمكها 0.1cm بين لوحين من النحاس الأصفر سمك كل منها 0.5cm، وحفظ السطح الخارجي لأحد اللوحين في درجة 0^0C, بينما حفظ السطح الخارجي للأخر في درجة 100^0C. جد درجتي حرارة سطحي شريحة المطاط . مع العلم أن $k=0.2$cal/cm sec ^0C للنحاس وأن $k=5\times10^{-4}$cal/cm sec ^0C للمطاط.

التمدد الحراري للجوامد

19- قضيب مصنوع من الفضة , طوله 5cm تماما عند درجة حرارة 20^0C. احسب طوله عندما تكون درجة الحرارة 30^0 C علما بأن معامل التمدد الطولي للفضة هي $\alpha=18\times10^{-6}\ {}^0C^{-1}$، ثم احسب الاستطالة ألناشئه نتيجة هذا التغير في درجة الحرارة.

20- عصا مترية من خشب الصنوبر طولها 100cm تماما عند درجة 32^0C . احسب طولها الحقيقي عندما تكون درجة الحرارة 77^0C، علما بأن معامل التمدد الطولي للخشب هو $\alpha=5\times10^{-6}\ C^{-1}$

(الجواب $L_2=100.0125$ cm)